



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

SP2e

Application No. : 10/739,222 Confirmation No.: 8472  
Attendant : Kentaro YOSHIMURA, et al.  
Filed : December 19, 2003  
TC/A.U. : 2122  
Examiner : To Be Assigned  
Docket No. : 056207.53098US  
Customer No. : 23911  
Title : Embedded Controllers and Development Tool for Embedded  
Controllers

**CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

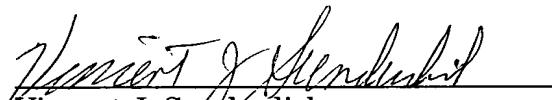
Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 2002-369167, filed in Japan on December 20, 2002, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,

September 10, 2004

  
\_\_\_\_\_  
Vincent J. Sunderdick  
Registration No. 29,004

CROWELL & MORING LLP  
Intellectual Property Group  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844  
VJS:ms #337135

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日 2002年12月20日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-369167  
Application Number:

[ST. 10/C] : [JP2002-369167]

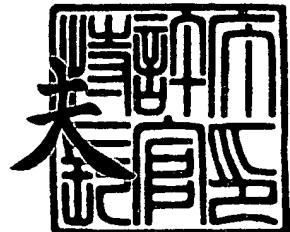
願人 株式会社日立製作所  
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2003年 9月11日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康



【書類名】

特許願

【整理番号】

1102020891

【あて先】

特許庁長官 殿

【国際特許分類】

G06F 9/44

【発明の名称】

組込みコントローラ及び組込みコントローラ開発ツール

【請求項の数】

17

【発明者】

【住所又は居所】

茨城県日立市大みか町七丁目 1番 1号

株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】

吉村 健太郎

【発明者】

【住所又は居所】

茨城県日立市大みか町七丁目 1番 1号

株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】

宮崎 泰三

【発明者】

【住所又は居所】

茨城県ひたちなか市大字高場 2520番地

株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内

【氏名】

横山 孝典

【特許出願人】

【識別番号】

000005108

【氏名又は名称】

株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】

100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】

作田 康夫

【電話番号】

03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】

21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 組込みコントローラ及び組込みコントローラ開発ツール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサによって計測した入力信号または他の組込みコントローラから受信した入力信号の少なくともいずれかの入力信号をデータ化する外部入力処理手段と、複数個の制御演算手段を有すると共に前記データ化された入力信号または当該および他の制御演算手段の少なくともいずれかにより求められた制御データに基づいて当該演算手段が制御データを求め、前記当該演算手段により求められた制御データに基づいてアクチュエータを駆動する制御信号を生成する外部出力処理手段と、前記外部入力処理手段と前記外部出力処理手段と前記制御演算手段の実行順序を管理する制御基本処理手段と、前記制御基本手段からの要求により前記制御演算手段への演算実行命令と前記当該制御演算手段と他の制御演算手段との間の制御データの受け渡しを管理するインターフェース手段を制御演算手段ごとに設けることを特徴とする組込みコントローラ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の組込みコントローラにおいて、

前記インターフェース手段は、前記インターフェース手段に対応する前記制御演算手段によって計算された前記制御データを保存する事を特徴とする組込みコントローラ。

【請求項 3】

請求項 2 記載の組込みコントローラにおいて、

前記インターフェース手段は、前記インターフェース手段が保存した前記制御演算手段の前記制御データを他のインターフェース手段が参照することを特徴とする組込みコントローラ。

【請求項 4】

請求項 3 記載の組込みコントローラにおいて、

前記インターフェース手段は、前記インターフェース手段に対応する前記制御演算手段が計算を行う際に用いる前記データを、他のインターフェース手段が保存する

前記制御データもしくは当該インターフェース手段に保存された前記制御データを参照して収集することを特徴とする組込みコントローラ。

#### 【請求項 5】

請求項4記載の組込みコントローラにおいて、

前記インターフェース手段は、前記制御演算手段が計算を行う際に、前記インターフェース手段が収集した前記制御演算手段が演算に用いる前記データを参照できる状態にして、前記制御演算手段によって計算されるデータが保存される前記制御データを指定して、前記制御演算手段の演算処理実行を命令することを特徴とする組込みコントローラ。

#### 【請求項 6】

請求項1，2，3，4，5のいずれかに記載の組込みコントローラにおいて、

前記インターフェース手段は、前記制御演算手段の計算結果である制御データを保存すると共に、前記制御演算手段ごとの制御データは1つのみ保存することを特徴とする組込みコントローラ。

#### 【請求項 7】

請求項1，2，3，4，5，6のいずれかに記載の組込みコントローラにおいて、

前記制御演算手段は演算において参照するデータと特定の演算手順と演算結果を出力する前記制御データとを記述した制御モデルに基づいて、プログラミング言語のソースコードが自動生成されたものであることを特徴とする組込みコントローラ。

#### 【請求項 8】

特定の計算手順に基づく制御演算手段によって計算された制御データの出力および保存と、前記制御演算手段を含んだ複数個の前記制御演算手段への前記制御データの提供とを行うインターフェース手段を生成する組込みコントローラ開発ツールであって、

前記制御演算手段をプログラムのソースコードの中で関数として記述し、前記制御演算手段が計算に用いる参照データは関数の引数であると共に、前記制御演算手段によって計算された前記制御データは、前記関数の戻り値またはアドレス

を指定した関数の引数とし、

前記制御演算手段のソースコードから特定の情報を抽出する制御演算手段解析手段と、前記制御演算手段解析手段の解析結果に基づいて前記制御演算手段ごとに応する前記インターフェース手段をプログラムのソースコードとして生成するインターフェース手段生成手段を有することを特徴とする組込みコントローラ開発ツール。

#### 【請求項 9】

請求項 8 記載の組込みコントローラ開発ツールにおいて、

インターフェース手段生成手段は、制御演算手段解析手段により抽出した制御演算手段の計算結果である前記制御データの制御データ名と計算結果である前記制御データの型情報に基づいて、インターフェース手段生成手段が前記制御データの保存領域を組込みコントローラ上に割り当てるための制御データ宣言をインターフェース手段のソースコードに設ける事を特徴とする組込みコントローラ開発ツール。

#### 【請求項 10】

請求項 8 記載の組込みコントローラ開発ツールにおいて、

インターフェース手段生成手段は、制御演算手段解析手段により抽出した計算に用いる前記参照データの数と計算に用いる前記参照データの参照データ名に基づいて、インターフェース手段生成手段がインターフェース手段のソースコードに外部入力処理手段や他のインターフェース手段から計算に用いるデータを読み出す機能を設ける事を特徴とする組込みコントローラ開発ツール。

#### 【請求項 11】

請求項 8 記載の組込みコントローラ開発ツールにおいて、

インターフェース手段生成手段は、制御演算手段解析手段により抽出した制御演算手段の計算結果である前記制御データの前記制御データ名に基づいて、インターフェース手段生成手段がインターフェース手段のソースコードに前記制御基本処理手段などが制御演算手段の計算結果である前記制御データの更新を要求するための関数またはマクロ命令を設けることを特徴とする組込みコントローラ開発ツール。

**【請求項 12】**

請求項 8 記載の組込みコントローラ開発ツールにおいて、

インターフェース手段生成手段は、制御演算手段解析手段により抽出した制御演算手段の計算結果である前記制御データの前記制御データ名に基づいて、インターフェース手段生成手段がインターフェース手段のソースコードの中に他のインターフェース手段や外部出力処理手段が制御演算手段の計算結果である前記制御データを参照するための関数またはマクロ命令を設けることを特徴とする組込みコントローラ開発ツール。

**【請求項 13】**

請求項 8, 9, 10, 11, 12 のいずれかに記載の組込みコントローラにおいて、

前記制御演算手段は演算において参照する前記参照データと特定の演算手順と演算結果を出力する前記制御データとを記述した制御モデルに基づいて、プログラミング言語のソースコードが自動生成されたものであることを特徴とする組込みコントローラ開発ツール。

**【請求項 14】**

請求項 8, 9, 10, 11, 12, 13 のいずれかに記載の組込みコントローラ開発ツールを用いて開発された組込みコントローラ。

**【請求項 15】**

センサによって計測する運転者の指令とエンジン状態または他の車両制御コントローラから受信する外部からの入力信号に基づいて、内燃機関または変速機を制御する制御信号を出力する車両制御コントローラにおいて、

センサによって計測または他の組込みコントローラから受信する外部からの入力信号をデータ化する外部入力処理手段と、入力信号のデータや他の制御演算手段の計算結果から特定の計算手順に基づいてデータの計算を行う複数個の制御演算手段と、制御演算手段により計算されたデータに基づいて内燃機関または変速機を制御する制御信号を出力する外部出力処理手段と、前記外部入力処理手段と前記外部出力処理手段と前記制御演算手段の実行順序を管理する制御基本処理手段と、前記制御演算手段ごとに対応させて前記制御基本手段から前記制御演算手

段への実行命令と前記制御演算手段へのデータの受け渡しを管理するインターフェース手段とを設けることを特徴とする車両制御コントローラ。

#### 【請求項 16】

請求項 15 に記載の車両制御コントローラにおいて、  
前記制御演算手段は演算において参照するデータと特定の演算手順と演算結果  
を出力するデータとを記述した車両制御モデルに基づいて、プログラミング言語  
のソースコードが自動生成されたものであることを特徴とする車両制御コントロ  
ーラ。

#### 【請求項 17】

請求項 8, 9, 10, 11, 12, 13 のいずれかに記載の組込みコントロ  
ーラ開発ツールは、前記車両制御コントローラを開発することを特徴とするコント  
ローラ開発ツール。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、組込みコントローラ及び組込みコントローラ開発ツールに関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

従来より組込みソフトウェア、組込みコントローラおよび組込みソフトウェア  
開発ツールとして、プログラム作成者からの入力情報に従って、基本プログラム  
のインターフェースプログラムを自動的に生成する方法がある（例えば、特許文献  
1 参照）。

##### 【0003】

また従来、組込みソフトウェアを作成するために制御系システム設計支援ソフ  
トウェア、引用例によればMATLAB およびSimulinkを用いて、ソースコード  
を自動生成する方法がある（例えば、非特許文献 1 参照）。

##### 【0004】

##### 【特許文献 1】

特開2002-229791号公報（第4頁、図1（b））

**【非特許文献1】**

サイバネットシステム株式会社刊、「MATLAB Expo 2002 モデルベース制御系設計カンファレンス資料」、103頁～126頁

**【0005】****【発明が解決しようとする課題】**

例えば車両用電子制御装置においては、組込みコントローラ用ソフトウェアの開発効率を向上させるための組込みコントローラ開発ツールおよび開発プロセスが研究されている。開発効率向上のためには、組込みコントローラ用ソフトウェアのソースコード自動生成化および再利用性向上が要求されている。

**【0006】**

従来の組込みコントローラでは、インターフェース手段が基本管理手段の一部である（例えば、特許文献1参照）。そのため、複数ある制御演算手段の一部が変更された場合でも、インターフェース手段全体を変更する必要があり、本来変更する必要のないインターフェース手段の部分を作り直すことになってしまうという課題がある。本発明は、上記課題を解決し、組込みコントローラの再利用性を向上させることを目的とする。

**【0007】**

従来、MATLABおよびSimulinkを用いて制御演算手段のソースコードを自動生成する方法がある（例えば、非特許文献1参照）。上記の方法で制御演算手段を生成したとしても、自動生成された制御演算手段と制御演算手段とのデータの受け渡しや組込みコントローラ全体で用いる変数の管理といった統合化作業の際に、手作業が必要であった。人間によりインターフェース手段のソースコードを記述する場合、ソースコードの記述に時間がかかるという課題がある。本発明は、上記課題を解決し組込みコントローラの生産性を向上させることを目的とする。

**【0008】****【課題を解決するための手段】**

本発明では、組込みコントローラにおいて、制御演算手段毎に対応するインターフェース手段を設けることにより、上記目的を達成する。

### 【0009】

本発明では、組込みコントローラ開発ツールにおいて、前記制御演算手段がプログラミング言語のソースコードで関数として記述されて、センサ計測値や他の制御演算手段の計算結果などの計算に用いる変数は関数の引数で、計算結果である変数は関数の戻り値またはメモリ上のアドレスを指定した関数の引数であることと、前記インターフェース手段がプログラミング言語のソースコードで記述されることとを前提として、前記制御演算手段のソースコードから特定の情報を抽出する制御演算手段解析手段と、制御演算手段解析手段の解析結果に基づいて制御演算手段に対応する前記インターフェース手段のソースコードを生成するインターフェース手段生成手段を設けることにより、上記目的を達成する。

### 【0010】

#### 【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の一形態を図面と共に説明する。なお、本実施例では組込みコントローラの一例として車両制御コントローラを実施例として扱う。

### 【0011】

まず、図1に本発明が実施されたアプリケーションソフトウェアの基本構造を示す。1A, …, 1B, 1Cは制御変数の更新ロジックを記述した制御ソフト部品である。これは、本発明における制御演算手段に対応する。2A, …, 2B, 2Cは制御ソフト部品に対応したインターフェースソフトである。これは、本発明におけるインターフェース手段に対応する。3は本アプリケーションで実行される基本ロジック、例えば変数の更新順序すなわち制御ソフト部品の実行順序を記述した制御基本ソフトウェアである。これは、本発明における制御基本処理手段に対応する。4は外部入力データであって、例えばハードウェアの持つセンサで計測したり他のアプリケーションおよびコントローラと通信することによって、前記外部情報を得る。これは、本発明における外部入力処理手段に対応する。5は外部への情報の出力であって、ハードウェアの持つアクチュエータを駆動したり他のアプリケーションおよびコントローラと通信することによって、前記外部出力を実行する。本発明における外部出力処理手段に対応する。6が組込みソフトウェアのタスク制御や割込み管理を行うオペレーションシステムをあらわしてい

る。本発明における基本管理手段に対応する。

#### 【0012】

ソフト部品とインターフェースソフトはそれぞれ1Aと2A, 1Bと2Bといったように対応付けられている。そのため、例えばソフト部品1Cが変更された場合にはインターフェースソフト2Cのみを変更すればよく、インターフェースソフト2A, 2Bは変更せずに用いる事ができる。すなわち図1の構成とすることによって、インターフェースソフトを有する組込みソフトウェアの再利用性が向上するという効果がある。

#### 【0013】

なお、図1ではアプリケーションの一つの階層においてのみ表現しているが、本発明は組込みソフトウェアのある一つの階層に限定したものではなく、あらゆる階層において実施する事ができる。たとえばソフト部品1A自身が図1に示した構成を持つこともできる。この構成は、いわゆる階層化された組込みソフトウェア構造において有効である。

#### 【0014】

図2に、本発明を適用した車両を示す。この例では、車両7は、エンジン8と、エンジン8を制御する制御ユニット(ＥＣＵ)10と、例えば、自動変速機(AT)9と、自動変速機9を制御する制御ユニット(ＥＣＵ)20と、ドライバにより操作されるアクセルペダルAを有する。またここで、制御ユニット(ＥＣＵ)20は、自動変速機に関するものその他、スロットル制御のための制御ユニット等であっても良く、エンジンを制御するユニット以外の制御ユニットを示したものである。

#### 【0015】

図3に、車両用分散制御システムの基本構成を示す。

#### 【0016】

本車両用分散制御システムは、

プロセッサ13と、メモリ12と、組込みソフトウェア11と、データ受信装置14と、データ送信装置15と、エアフローセンサ等の入力をA/D変換して入力するアナログ入力41と、クランク角度センサ等からのパルスを入力するデ

ジタル入力 4 2 と、周辺装置を駆動する為に電圧を出力するアナログ出力 5 1 と、周辺装置を駆動するためにパルスを出力するデジタル出力 5 2 とによって構成される制御ユニット (E C U) 1 0 と、

前記制御ユニット (E C U) 1 0 と同様の構成を有する制御ユニット (E C U) 2 0 とで構成されている。

#### 【0017】

図4に、組込みソフトウェア 1 1 の構成の一例を示す。図4に示すように、組込みソフトウェア 1 1 はアプリケーションソフトウェア 1 1 1 と基本ソフトウェア 1 1 2 で構成されている。

#### 【0018】

基本ソフトウェア 1 1 2 は、リアルタイムオペレーションシステム (R T O S) 1 1 2 1 と基本入出力システム (B I O S) 1 1 2 2 とで構成されている。R T O S 1 1 2 1 は、時間周期タスクの起動や外部入力に同期したタスクの起動を行い、割込み禁止処理や他のタスクの呼び出しなどのサービスをアプリケーションソフトウェア 1 1 1 に提供する。B I O S 1 1 2 2 は、アプリケーションソフトウェア 1 1 1 からの要求を受けて、外部入力データ 4 の読み出しや、外部出力データ 5 の出力を実行する。

#### 【0019】

図4の構成にすることによって、組込みソフトウェアの中でハードウェアに依存する部分 (B I O S) と、割込み信号処理やタイマー処理などのリアルタイム制御機能と、変速機の変速制御やエンジンの点火制御など制御対象に依存するアプリケーション部分とを分離する事ができる。例えばC P Uが変わった場合にはB I O Sのみを変更すればよく、アプリケーションは流用する事ができるという利点がある。

#### 【0020】

図5に、アプリケーションソフトウェアの構成の一例を示す。アプリケーションソフトウェア 1 1 1 は例えば 1 0 [m s] 周期タスク 1 1 1 1 のように一定周期で起動するタスクと、エンジン回転同期タスク 1 1 1 2 のように外部信号に同期して起動するタスクと、バックグラウンドタスク 1 1 1 3 のようにプロセッサ

が空き状態のときに実行されるタスクとで構成されている。

#### 【0021】

それぞれのタスクはタスク処理基本ソフトウェアと制御アプリケーションとで構成されている。例えば10 [ms] 周期タスクは、10 [ms] タスク処理基本ソフトウェアと診断制御11112と燃料補正制御11113とトルクベース制御11114とその他の制御で構成されている。図中の「…」は、制御ロジックが上記の3種のみには限らないことを示している。

#### 【0022】

図6に10 [ms] タスク処理基本ソフトウェアの11111の動作を示す。

#### 【0023】

RTOS1121がS0において10 [ms] 周期タスク1111の起動処理を行う。その結果、10 [ms] タスクフレームワーク11111の処理が実行される。S1においてBIOS1122に外部入力処理を要求し、エアフローセンサ等の入力値を更新するセンサの最新値を取得する。S2において診断制御11112を実行する。その後いくつかの制御を実行し、S3において燃料補正制御11113を実行する。S4においてトルクベース制御11114を実行する。S5においてBIOS1122に外部への信号の出力処理を要求し、処理を終了する。アプリケーションソフトウェアを図5、図6に示すような構成することによって、外部からの入力処理S1と、異なる目的の制御処理S2、S3、S4、外部への出力処理S5を同じタスクの中で処理する事が可能になる。

#### 【0024】

図7に、本発明が実施されたトルクベース制御アプリケーションソフトウェアの基本構造を示す。1Dは目標トルクの、1Eは変数Aの、1Fはスロットル開度の制御変数の更新ロジックを記述した制御ソフト部品である。2D, …, 2E, 2Fはそれぞれ2D, …, 2E, 2Fの制御ソフト部品に対応したインターフェースソフトである。3Aはトルクベース制御における変数の更新順序すなわち制御ソフト部品の実行順序を記述したトルクベース制御基本ソフトウェアである。4はBIOS1122から得られる外部入力データであって、例えばハードウェアの持つセンサで計測したり他のアプリケーションおよびコントローラと通信す

ることによって、前記外部情報を得る。5はB IOS1122によって出力される外部への情報の出力であって、ハードウェアの持つアクチュエータを駆動したり他のアプリケーションおよびコントローラと通信することによって、前記外部出力を実行する。

### 【0025】

図7に示す構成にすることによって、例えば目標トルクを演算するソフト部品1Dが変更された場合にはインターフェースソフト2Dのみを変更すればよく、インターフェースソフト2E, 2Fは変更せずに用いる事ができる。すなわち図7の構成とすることによって、インターフェースソフトを有する組込みソフトウェアの再利用性が向上するという効果がある。

### 【0026】

図8に、図7に示した制御ソフト部品1Fの一例を示す。ここで、C11はスロットル開度（以下TVO）を更新するソフト部品1をC言語で記述した場合のヘッダファイル(TVO\_Calculate.h)である。C12は同様にTVOを更新するソフト部品1をC言語で記述した場合のソースファイル(TVO\_Calculate.c)である。

### 【0027】

C11は、TVOを更新する関数のプロトタイプ宣言を行っている。すなわち、関数の外部宣言であること（extern）と、関数の戻り値の型（void）と、関数名（TVO\_Calculate）と、関数の入力値の型と変数名（unsigned short TargetTorque, …, unsigned short Variable\_A）と、関数が更新する変数つまりソフト部品の出力値の型と変数名のポインタ（unsigned short TVO）を宣言している。なお、関数の引数が入力変数か出力変数なのかということは、変数名の先頭にポインタ引数であることを示す識別子（\*）がついているか否かで判断している。

### 【0028】

なお前記出力変数は本発明における組込みコントローラにおいて、制御演算手段によって計算される制御データに対応する。

### 【0029】

C 1 2 は、 T V O を更新する関数を記述している。すなわち、関数の戻り値の型 (void) と、関数名(TV0\_Calculate) と、関数の引数である入力値の型と変数名 (unsigned short TargetTorque, …, unsigned short Variable\_A) と、関数が更新する変数つまりソフト部品の出力値の型と変数名のポインタ (unsigned short TV0) とを定義して、 T V O の更新方法(\* T V O =TargetTorque \* K t + Variable\_A \* K a) を記述している。なお、TargetTorque および Variable\_A は変数であり、 K t および K a は定数である。

### 【0030】

図9に、図7に示すインターフェースソフト2Fの一例としてCソースコード C 2 1, C 2 2, C 2 3 を示す。これは、図8のC 1 1 およびC 1 2 で説明した制御ソフト部品に対応する。C 2 1 は変数宣言を行うCソースファイル(TV0.c) で、C 2 2 は変数参照命令を定義するCヘッダファイル(TV0.h) であり、C 2 3 は変数更新命令を定義するCヘッダファイル (TV0\_Update.h) である。

### 【0031】

C 2 1 では、対応するソフト部品C 1 1, C 1 2 の出力変数である T V O の変数宣言 (unsigned short TV0) を行っている。

### 【0032】

C 2 2 では、他のインターフェースソフトがC 2 1 で宣言した変数 T V O を参照するために、変数の参照する命令の定義(#define TV0\_Get() TV0) と、 T V O の外部変数宣言として変数の型と名前の宣言(extern unsigned short TV0) を行っている。C 2 3 では、制御基本ソフトウェア3が変数 T V O の更新を要求する際に実行する命令の定義を行っている。すなわち、入力となる変数を参照するための命令が記述されたCヘッダファイルを読み込み(#include "TV0.h" ~#include "variable\_A" ) 、変数を更新するための命令名を定義し(#define TV0\_Update () ) 、実際に呼び出す制御ソフト部品C 1 2 の関数名を記述し (TV0\_Calculate …) 、 T V O を更新する関数の入力となる制御変数を参照するための命令を呼び出し(TargetTorque\_Get()…variableA\_Get()) 、 T V O を更新する関数の出力として変数 T V O のアドレスを指定し (& T V O) している。

### 【0033】

図9において、インターフェースソフトC21～C23に対応するソフト部品C11, C12によって変数を更新するために呼び出される命令はTV0\_Update()のみであるところに特徴がある。すなわち変数の更新を要求(TV0\_Update())すると、インターフェースソフトが変数を更新する関数の呼び出しに必要な入力値を収集し(TargetTorque\_Get()…variableA\_Get())、出力となる変数を指定し(&TV0)、その後に変数を更新する関数を呼び出す(TV0\_Calculate())。

#### 【0034】

図9の構成とすることで、たとえば制御基本ソフトウェアから変数の更新を要求する場合、制御ソフト部品に記述された関数の入力値の数や型および変数名を全く意識する必要無く、共通の命令形式で変数の更新が行えるようになる。また、制御ソフト部品から入出力変数の宣言や更新等の操作を分離することが可能になり、制御ソフト部品の独立性が向上する。

#### 【0035】

図10に制御基本ソフトウェアの一例として、エンジン出力を制御するトルクベース制御の制御基本ソフトウェア（以下トルクベース制御フレームワーク）C31を示す。

#### 【0036】

C31では、図7のトルクベース制御基本制御部3A内で実行する制御ソフト部品をC311で定義し、対応するインターフェースソフトが定義する情報を読み込んでいる。また、制御基本ソフトウェア3内部で同時性が要求される変数の定義をC312において実行する。さらに、制御基本ソフトウェアで実行する入力処理・出力処理・OSサービス・ソフト部品の実行順序をC313において定義する。

#### 【0037】

図11に、トルクベース制御基本制御部3Aの実行処理を示す。制御基本ソフトウェア3の実行順序は、図10のC313において定義されている。まずS31において割込み禁止処理(OSサービス)を呼び出し、外部信号に同期したタスク実行を禁止して入力値の同時性が保てるようになる。S32において外部入力データ4からエンジン回転数を読み込む。S33において外部入力データ4から

アクセル開度を読み込む。S34において割込み禁止解除処理（OSサービス）を呼び出す。S35において、目標トルクを示す変数の更新要求を行う（ソフト部品実行）。S36において、目標スロットル開度を示す変数の更新要求を行う（ソフト部品実行）。S37において、目標スロットル開度を外部の電子制御スロットルへ指示し（外部出力処理）、処理を終了する。

#### 【0038】

制御基本ソフトウェアを図10、図11に示すような構成にすることによって、以下の利点がある。組込みソフトウェア中で変数の計算を行う部分すなわち図7の制御ソフト部品1D, …, 1E, 1Fは、制御ロジックのデバッグや時定数など制御特性の調整に対応するために、変更が頻繁に行われる部分である。その一方で、変数の更新順序などを定めた部分すなわち図10、図11に示す制御基本ソフトウェアの部分のように、比較的変更が少ない部分も存在する。制御基本ソフトウェアを図10、図11に示すような構成にすることによって、変更が多い部分と変更が少ない部分とを分離する事ができる。そのため、制御基本ソフトウェア部分の再利用性が向上するという利点がある。

#### 【0039】

図12はBIOSインターフェースソフトの構成の一例を示す。11321はエアフローセンサ入力に対応するBIOSインターフェースソフト、11322はクランク角度入力値に対応するBIOSインターフェースソフト、11323は燃料噴射量に対応するBIOSインターフェースソフト、11324は目標スロットル開度に対応するBIOSインターフェースソフトである。なお、BIOSインターフェースソフトの構成は、図9に示したインターフェースソフトの構成と同様である。BIOSインターフェースソフトを図12に示した構成にすることによって、たとえば制御基本ソフトウェアから外部入力値の更新を要求する場合、BIOSに記述された関数の入力値の数や型および変数名を全く意識する必要無く、共通の命令形式で外部入力値の更新が行えるようになる。外部出力に関しても同様である。また、BIOSから入出力変数の宣言や更新等の操作を分離することが可能になり、BIOSの独立性が向上する。

#### 【0040】

図13に、組み込みソフトウェアの開発プロセスを示す。図13中におけるツールとは、プログラム、ソフトウェアおよび装置を含むものに対応するものである。制御ロジック設計ツール61によって制御モデル62を構築する。制御モデル62をもとに組み込みソフトウェア開発ツール63によって組み込みソフトウェアソースコード64を作成する。さらにソースコードコンパイルツール65を用いて組み込みソフトウェアのバイナリファイル66を作成し、ソフトウェア書き込みツール67を用いて制御ユニット（ECU）10に組み込みソフトウェアを書き込む。

#### 【0041】

以下、図14、図15、図16にソフトウェア開発ツール63の例を示す。

#### 【0042】

図14に組み込みソフトウェア開発ツール63の一例として組み込みソフトウェア開発ツール63Aを示す。制御モデル62からソフト部品生成ツール631Aによってソフト部品1を生成する。インターフェースソフト生成ツール632Aは生成されたソフト部品1を参照して対応するインターフェースソフト2を生成する。

#### 【0043】

図15に組み込みソフトウェア開発ツール63の一例として組み込みソフトウェア開発ツール63Bを示す。制御モデル62からソフト部品生成ツール631Bによってソフト部品1を生成する。インターフェースソフト生成ツール632Bはソフト部品生成ツール631Bからインターフェースソフト生成に必要な情報を受け取り、ソフト部品1に対応するインターフェースソフト2を生成する。

#### 【0044】

図16に組み込みソフトウェア開発ツール63の一例として組み込みソフトウェア開発ツール63Cを示す。制御モデル62からソフト部品生成ツール631Aによってソフト部品1を生成する。インターフェースソフト生成ツール632Aは制御モデル62を参照して対応するインターフェースソフト2を生成する。

#### 【0045】

図14、図15、図16に示す組み込みソフトウェア開発ツールの構成をとることによって、制御モデルから組み込みソフトウェアのためのソフト部品およびインターフェースソフトウェアを自動で生成することが可能になるため、人手でコーデ

イングする必要が無くなり、さらにコーディングミスが減少するためデバッグ作業を軽減することが可能になり、ソフトウェアの開発効率が向上する。

#### 【0046】

続いて、図17、図18、図19においてインターフェースソフトの自動生成の具体的な手順を示す。

#### 【0047】

図17に、インターフェースソフト生成手段632の処理を示す。S41において制御ソフト部品の情報を抽出し、S42においてインターフェースソフトを生成する。S41の詳細な内容は図18に、S42の詳細な内容は図19に示す。

#### 【0048】

図18に、図8に示した制御ソフト部品を例に制御ソフト部品情報抽出処理S41の詳細を示す。まずS411においてファイル名を抽出する。すなわち、図8に示したC11およびC12のファイル名「TV0\_Calculate.c」、「TV0\_Calculate.h」を抽出する。次に、S412において関数名を抽出する。すなわち図8に示したC11に記載された関数名「TV0\_Calculate」を抽出する。S413において入出力変数の数を抽出する。すなわち図8に示したC12の関数「TV0\_Calculate」の入出力変数をカウントする。S414において、S413においてカウントした変数の数に基づいて入出力変数名を抽出する。すなわち、図8に示したC12における「TargetTorque」や「variable\_A」を入力変数として抽出し、「TVO」を出力変数として抽出する。なお、出力変数は変数名先頭にポインタ引数であることを示す「&」がついていることにより識別する。S415において入出力変数の型を抽出する。すなわち、図8に示したC12における「TargetTorque」の変数型「unsigned short」などである。

#### 【0049】

前記入力変数は本発明における組込みコントローラ開発ツールにおいて、参照データに対応する。前記出力変数は本発明における組込みコントローラ開発ツールにおいて、制御データに対応する。

#### 【0050】

図15に、インターフェースソフト生成処理S42の詳細を示す。図9に示した

インターフェースソフトの生成を例に説明する。S421において、S411で抽出したソフト部品のファイル名から、インターフェースソフトのファイルを生成する。すなわち、「TV0\_Calculate.c」、「TV0\_Calculate.h」から、区切り文字として組込みコントローラ内で意義する「\_」以降の文字を消すことにより「TV0」というソフト部品名を得る。その上でソフト部品に対応するインターフェースソフトとして、「抽出したインターフェースソフトの名前」 + 「.c」というファイルと、「抽出したインターフェースソフトの名前」 + 「.h」というファイルと、「抽出したインターフェースソフトの名前」 + 「\_Update.h」というファイルを生成する。すなわち、図9に示した「TV0.c」、「TV0.h」、「TV0\_Update.h」である。次にS422において、S414で抽出したソフト部品の出力変数の名前とS415で抽出したソフト部品の出力変数の型情報を持つソフト部品の出力となる変数の宣言部を「抽出したインターフェースソフトの名前」 + 「.c」というファイル内に生成する。すなわち、抽出した出力変数の型で、抽出した出力変数の変数名の変数をメモリ上に割り当てるための命令をソースファイルに出力する。図9に示したC21における「unsigned short TV0;」である。この場合、「unsigned Short」の部分が出力変数の型で、「TV0」の部分が出力変数の変数名である。S414で抽出したソフト部品の出力変数の名前をもとに、S423においてソフト部品の出力変数の参照命令を生成する。すなわち、図9に示したC22における「#define TV0\_Get() TV0」である。これは、「出力変数の変数名」 + 「\_Get()」という名前のマクロとして定義され、その実体は出力変数名になる。そのため、ソースコードにマクロを記述することによりプリプロセッサを用いてソースコードを変換すると、ソースコード内で参照用マクロは参照先の変数に置きかえられる。S424において、S414で抽出したソフト部品の入出力変数の名前とS415で抽出したソフト部品の入力変数の型情報をもとに、出力変数の更新命令を生成する。すなわち、図9に示したC23である。「出力変数名」 + 「\_Update()」というマクロを出力変数の更新命令として定義する。そのマクロの実体はS412で抽出した出力変数の演算関数「TV0\_Calculate」に割り当てられ、関数の引数にはS414で抽出した入力変数「TargetTorque」や「variable\_A」の参照命令「TargetTorque\_Get()」や「variableA\_Get()」と出

力変数「TVO」のアドレスを示すポインタ「&TVO」を割り当てる。

#### 【0051】

図17、図18、図19に示した構成を取ることによって、インターフェースソフト2を、制御ソフト部品1や制御モデル62から自動で生成することが可能になるため、人手でコーディングする必要が無くなり、さらにコーディングミスが減少するためデバッグ作業を軽減することが可能になり、ソフトウェアの開発効率が向上する。

#### 【0052】

図20に、組込みソフトウェアのネットワーク配信の概要図を示す。図20ではソフト部品配信の例を示す。ネットワーク71に、ソフト部品サーバ73が接続されている。ソフト部品サーバ73はクライアントPC72をネットワーク71を介して接続され、クライアントPC72からの要求に応じてソフト部品1を送信する。クライアントPC72は受信したソフト部品1を電子制御ユニット（ECU）10Bに書込む事ができる。また、ECU10A自身にネットワーク接続機能を持たせることにより、自分自身でネットワーク71を経由してソフト部品サーバ73に接続し、ソフト部品を更新することができる。

#### 【0053】

本実施例で示した組込みソフトウェアをネットワーク配信することによって、以下の利点がある。本発明の組込みソフトウェアでは、制御ソフト部品1が変更された場合は対応するインターフェースソフト2のみを変更すれば良く、制御基本ソフトウェアやタスク処理基本ソフトウェアなどの基本部分は変更する必要がない。そのため、サービス工場においてソフトウェアの変更をすることが容易になるという利点がある。また送信するデータ量も、全体を送信する場合に比べてソフト部品のみを送信する場合には少なくて済むという利点がある。

#### 【0054】

図21に、組込みソフトウェア配信サービスの一例の概要を示す。クライアントPC72はネットワーク71を介して制御ソフト部品販売ホームページ74に接続する。制御ソフト部品販売ホームページ74にてダウンロードする制御ソフト部品1を選択したのち、料金決済システム75に接続し購入料金の決済を行う

。その後、制御ソフト部品サーバ73から制御ソフト部品1をダウンロードし、制御ユニット（ＥＣＵ）10に書込む。

### 【0055】

図21で示した構成にすることによって、以下の利点がある。課金システムとホームページによる認証を行うことによって、サービス工場だけでなく一般のユーザーにとっても組込みソフトウェアの書き込みが可能になる。すなわち、車両の走行モードや、自動変速機の変速パターン、さらには家電製品の組込みコントローラの組込みソフトウェアをネットワークで購入することによって、自分の好みの組込みコントローラを作る事ができるという利点がある。

### 【0056】

制御演算手段に組込みコントローラ内で用いる変数の宣言や入力処理および更新等の操作をさせてしまうと、制御演算手段に演算ロジック以外の機能が混在する。たとえば、演算結果を出力・保存する変数を組込みコントローラが持つメモリの特定のアドレスに割り当てる処理や、演算を行う際に他の制御演算手段の出力結果である変数を参照する処理や、制御基本手段が実行するための実行インターフェースの生成や、演算結果を出力する変数の参照処理などである。これは、演算ロジックの変更に伴い演算ロジック以外の機能変更及び検証が必要となることを意味し、組込みコントローラ用ソフトウェア開発に伴う工数が増大するという課題が生じる。本発明では、組込みコントローラにおいて、前記インターフェース手段が有する前記出力変数を他のインターフェース手段が参照する出力変数参照機能を、前記インターフェース手段に設けることにより、上記課題を解決する。本発明では、組込みコントローラにおいて、前記インターフェース手段に対応する前記制御演算手段が計算を行う際に用いる入力変数を、他のインターフェース手段もしくは自分自身の有する出力変数参照機能を用いるなどして収集する入力変数収集機能を前記インターフェース手段に設けることにより、上記課題を解決する。本発明では、組込みコントローラにおいて、前記制御基本処理手段などの命令で前記制御演算手段が計算を行う際に、前記インターフェース手段が前記入力変数収集機能により収集した前記入力変数を前記制御演算手段が参照できる状態にして、前記制御演算手段の計算結果が保存される出力変数を指定して、前記制御演算手段

の演算処理実行を命令する出力変数更新機能を前記インターフェース手段に設けることにより、上記課題を解決する。

#### 【0057】

組込みコントローラ用ソフトウェアは、頻繁に変更される部分と半永久的に再利用される部分とに分類することが出来る。例えば、変数の演算ロジックのように変更されることが多い部分と、変数の更新順序のように変更されることが少ない部分とである。これが一体のプログラムとなっていると、組込みコントローラ用ソフトウェア内の変数の演算ロジックの変更であるにもかかわらず、変更する必要のない変数の更新順序の部分まで変更する必要があるという課題がある。本発明では、組込みコントローラにおいて、前記制御基本処理手段が、実行を命令する制御演算手段の種類と、前記制御演算手段と前記外部入力処理手段と前記外部出力処理手段と前記基本管理手段の実行順序とを定義し、前記制御基本処理手段が、前記外部入力処理手段と前記制御演算手段と前記外部出力処理手段と前記基本管理手段の実行を命令することにより、上記課題を解決する。

#### 【0058】

一つの制御演算手段が複数の変数の演算を行う場合、ある変数の演算方法を変更するためには該当する制御演算手段を変更する必要がある。そのため、演算手段が変更されない変数に関しても、その演算を行う制御演算手段が変更されてしまうという課題がある。本発明では、組込みコントローラにおいて、前記制御演算手段の計算結果である、他の制御演算手段や外部出力手段が参照するための変数は、制御演算手段1つにつき1つとすることにより、上記課題を解決する。

#### 【0059】

組込みコントローラのソフトウェアを変更する場合、ソフトウェアの一部のバージョンアップであるにもかかわらず、ソフトウェア全体をCD-ROMなどの記録媒体で配布する必要があった。そのため、ソフトウェアの配布に時間がかかるという課題や、CD等の媒体が必要になるために廃棄物が増大するという課題がある。本発明では、組込みコントローラ配信サービスにおいて、前記制御演算手段を保管および送信する制御演算手段サーバ手段と制御演算手段の販売を行う制御演算手段販売手段とをネットワークで接続することにより、上記課題を解決

する。

### 【0060】

車両制御に関しては、排気規制およびOBD規制などの法的規制、X-by-Wireおよびハイブリッドシステムに代表される制御システムのエレクトロニクス化を背景に、組込みコントローラ用制御ソフトウェアの高機能化・大型化が進んでいる。また、高機能化・大型化する制御ソフトウェアを効率良く設計・作成しなければならないという課題がある。本発明では、前記組込みコントローラが車両に搭載されてエンジンや変速機などの制御を行うことにより、上記課題を解決する。

### 【0061】

#### 【発明の効果】

本発明によれば、組込みコントローラにおいて、制御演算手段毎に対応するインターフェース手段を設けることにより、組込みコントローラの再利用性が向上する。

### 【0062】

本発明によれば、組込みコントローラ開発ツールであって、前記制御演算手段がプログラミング言語のソースコードで関数として記述されて、センサ計測値や他の制御演算手段の計算結果などの計算に用いる変数は関数の引数で、計算結果である変数は関数の戻り値またはメモリ上のアドレスを指定した関数の引数であることと、前記インターフェース手段がプログラミング言語のソースコードで記述するとともに、前記制御演算手段のソースコードから特定の情報を抽出する制御演算手段解析手段と、制御演算手段解析手段の解析結果に基づいて制御演算手段に対応する前記インターフェース手段のソースコードを生成するインターフェース手段生成手段を設けることにより、組込みコントローラの生産性が向上する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の図。

##### 【図2】

実施例の車両用電子制御装置のシステム図。

**【図3】**

実施例の分散組込みコントローラのシステム図。

**【図4】**

組込みコントローラ用ソフトウェアの概要図。

**【図5】**

アプリケーションソフトウェアの概要図。

**【図6】**

タスク処理ソフトウェアのフローチャート。

**【図7】**

トルクベース制御アプリケーションの構成図。

**【図8】**

制御ソフト部品のCソースコード。

**【図9】**

インターフェースソフトのCソースコード。

**【図10】**

トルクベース制御フレームワークの定義情報。

**【図11】**

トルクベース制御フレームワークのフローチャート。

**【図12】**

分散制御システムにおける入出力処理部のシステム図。

**【図13】**

組込みコントローラ用ソフトウェア開発プロセス図。

**【図14】**

組込みソフトウェア開発手段1。

**【図15】**

組込みソフトウェア開発手段2。

**【図16】**

組込みソフトウェア開発手段3。

**【図17】**

インターフェースソフト自動生成フローチャート。

【図18】

制御ソフト部品情報抽出フローチャート。

【図19】

インターフェースソフト生成フローチャート。

【図20】

組込みソフトウェアネットワーク配信図。

【図21】

組込みソフトウェアネットワーク配信サービス図。

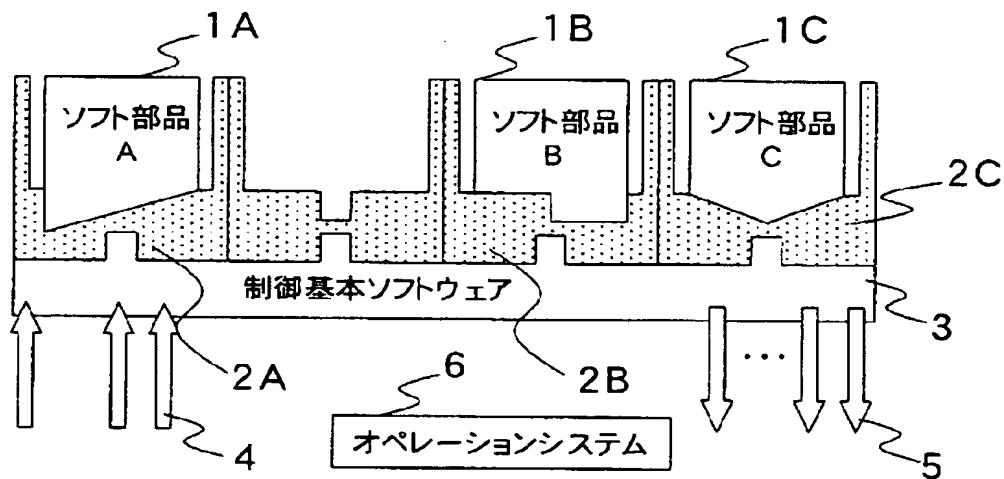
【符号の説明】

1…制御ソフト部品、 1 A…ソフト部品A、 1 B…ソフト部品B、 1 C…ソフト部品C、 1 D…目標トルクを示す変数を演算するソフト部品D、 1 E…変数Aを演算するソフト部品E、 1 F…スロットル開度を示す変数を演算するソフト部品F、 2…インターフェースソフト、 2 A…ソフト部品Aに対応するインターフェースソフト、 2 B…ソフト部品Bに対応するインターフェースソフト、 2 C…ソフト部品Cに対応するインターフェースソフト、 2 D…ソフト部品Dに対応するインターフェースソフト、 2 E…ソフト部品Eに対応するインターフェースソフト、 2 F…ソフト部品Fに対応するインターフェースソフト、 3…制御基本ソフトウェア、 3 A…トルクベース制御の基本制御部、 4…外部入力データ、 5…外部出力データ、 6…組込みコントローラオペレーションシステム、 7…車両、 8…エンジン、 9…自動変速機、 A…アクセルペダル、 10, 20…制御ユニット（ECU）。

【書類名】 図面

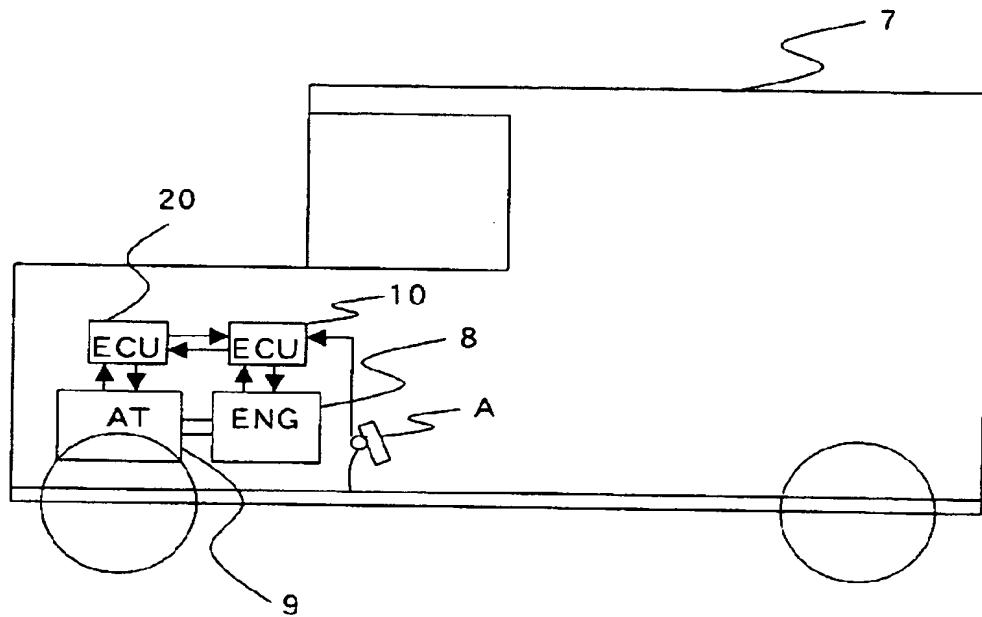
【図1】

図 1



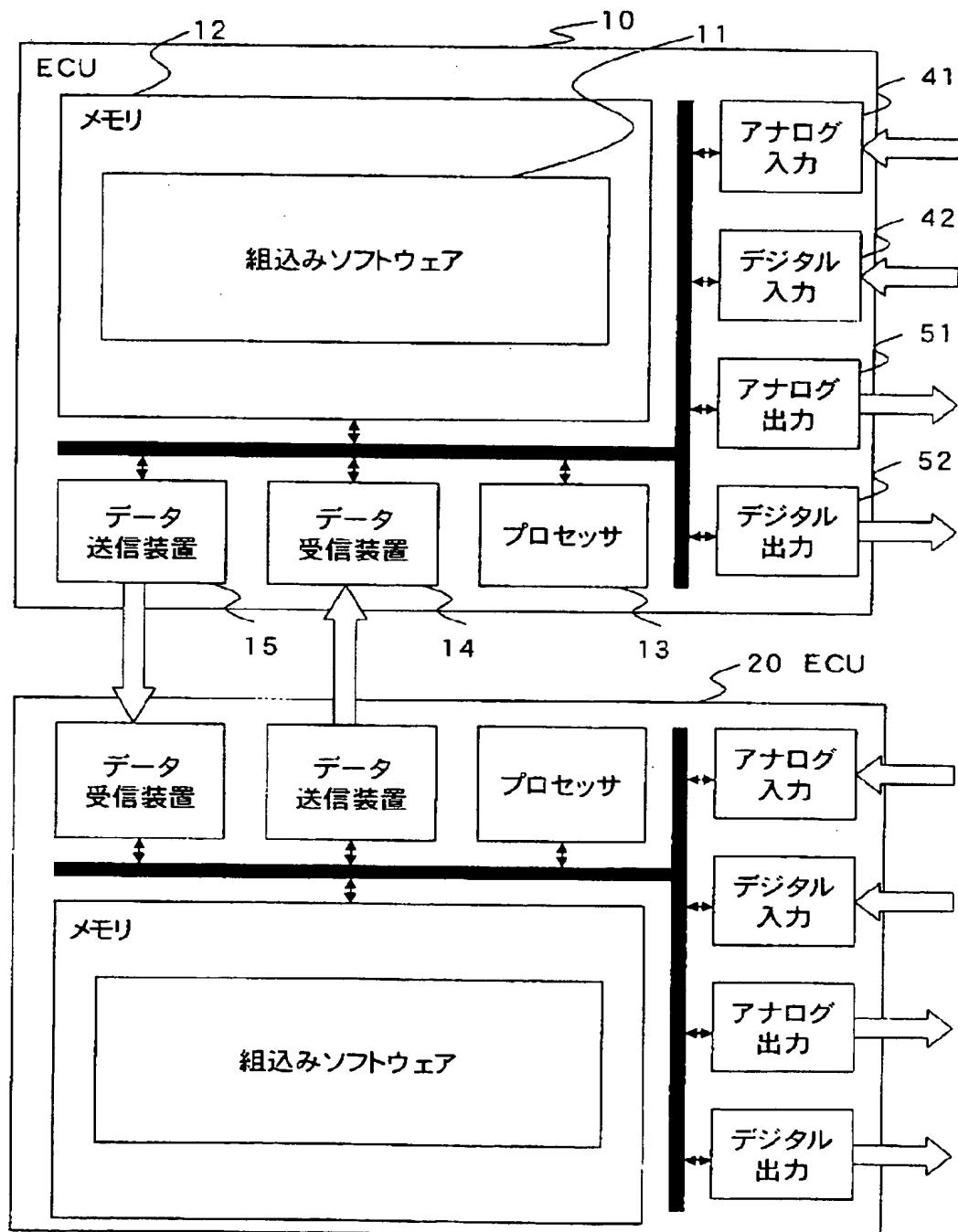
【図2】

図 2



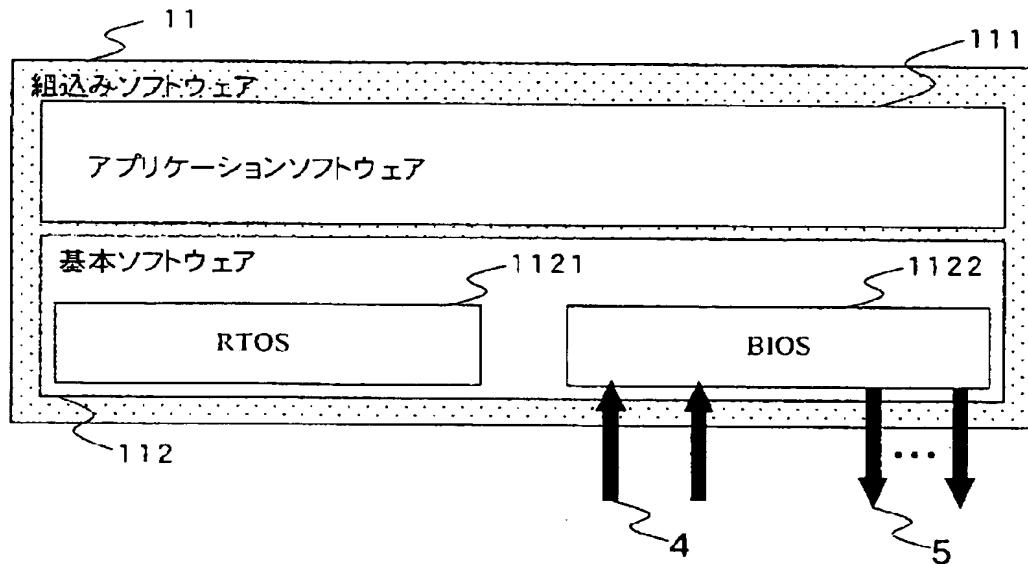
### 【図3】

3



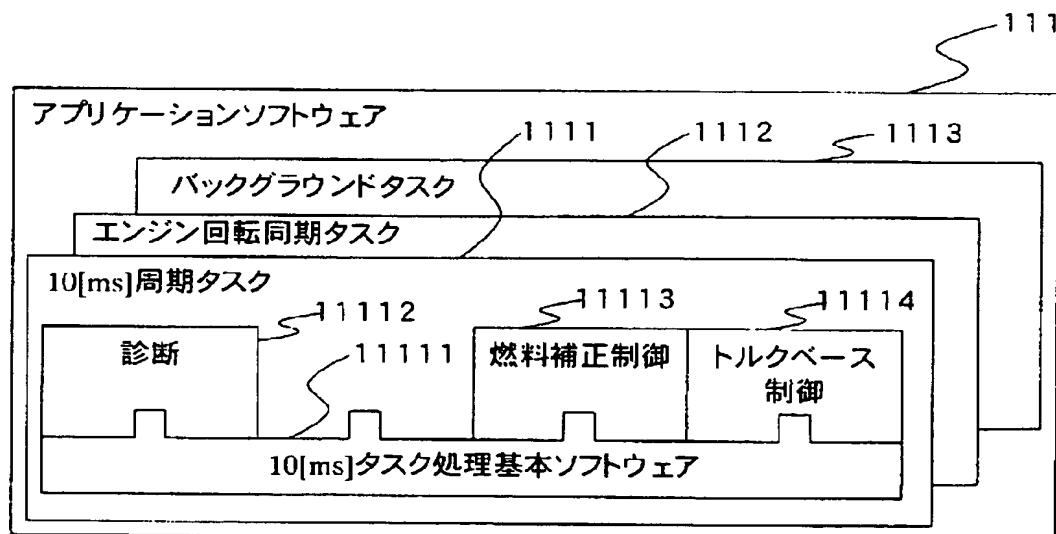
【図 4】

図 4



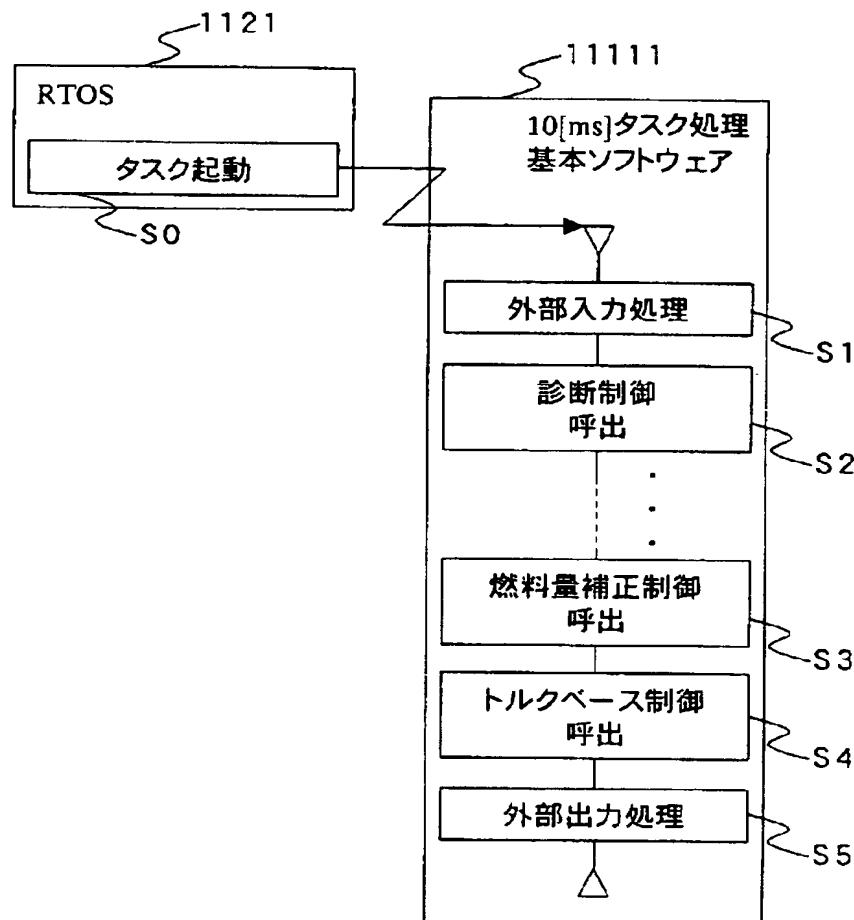
【図 5】

図 5



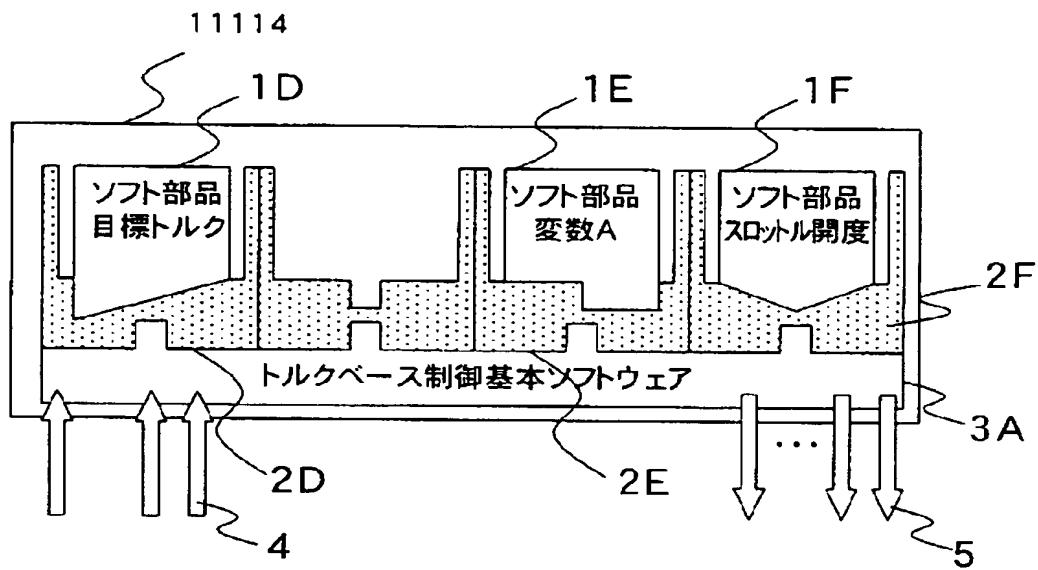
【図6】

図 6



【図7】

図 7



【図8】

図 8

```
extern void TVO_Calculate(unsigned short TargetTorque,  
...  
    unsigned short Variable_A,  
    unsigned short *TVO  
);  
/* EOF */
```

C11

```
void TVO_Calculate(  
    unsigned short TargetTorque,  
    ...  
    unsigned short Variable_A,  
    unsigned short *TVO  
)  
{  
    ...  
    *TVO = TargetTorque*Kt + Variable_A*Ka;  
}  
/* EOF */
```

C12

【図 9】

図 9

```
unsigned short TVO;  
/* EOF */
```

C21

```
#define TVO_Get() TVO  
extern unsigned short TVO;  
/* EOF */
```

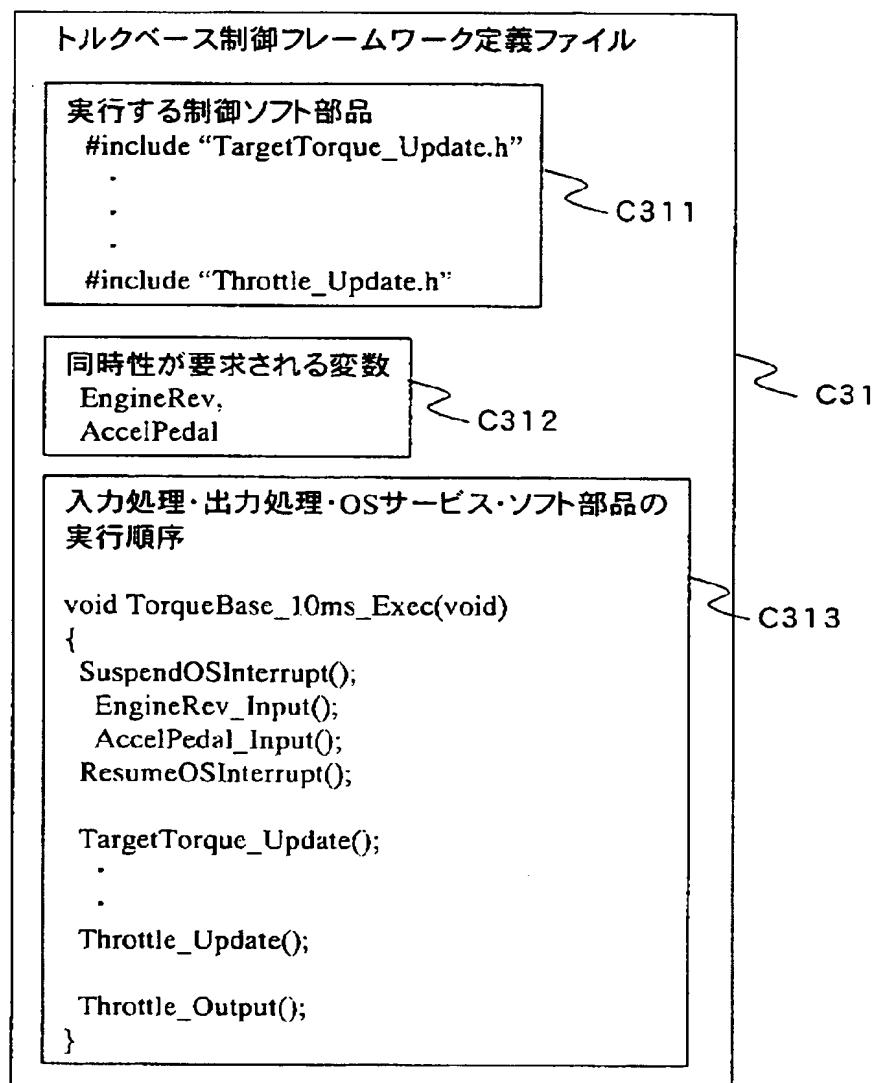
C22

```
#include "TVO.h"  
  
#include "TargetTorque.h"  
:  
:  
#include "variableA.h"  
  
#define TVO_Update()  
{  
    TVO_Calculate(  
        TargetTorque_Get(),  
        :  
        variableA_Get(),  
        &TVO  
    )  
}  
/* EOF */
```

C23

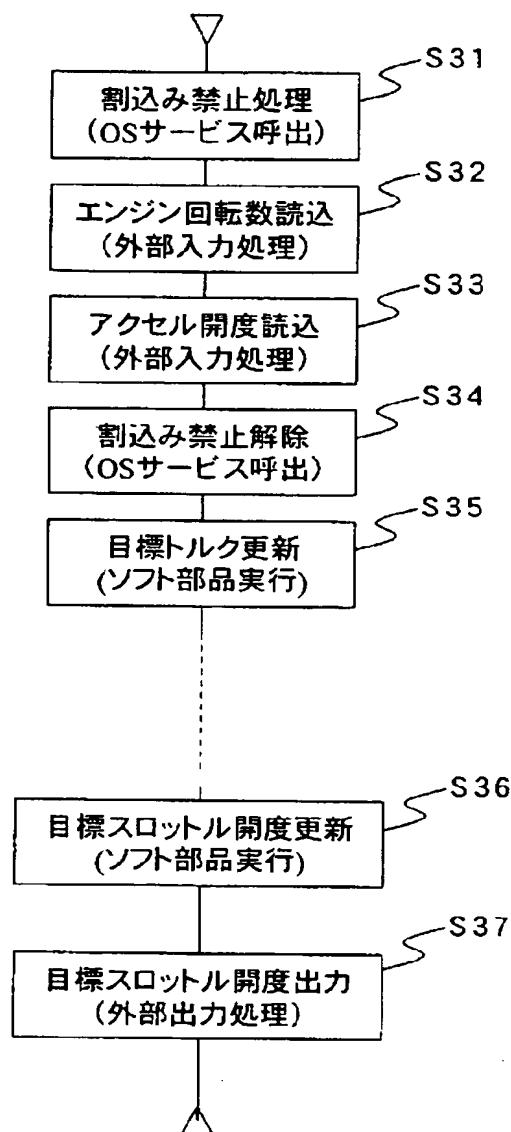
【図10】

図 10



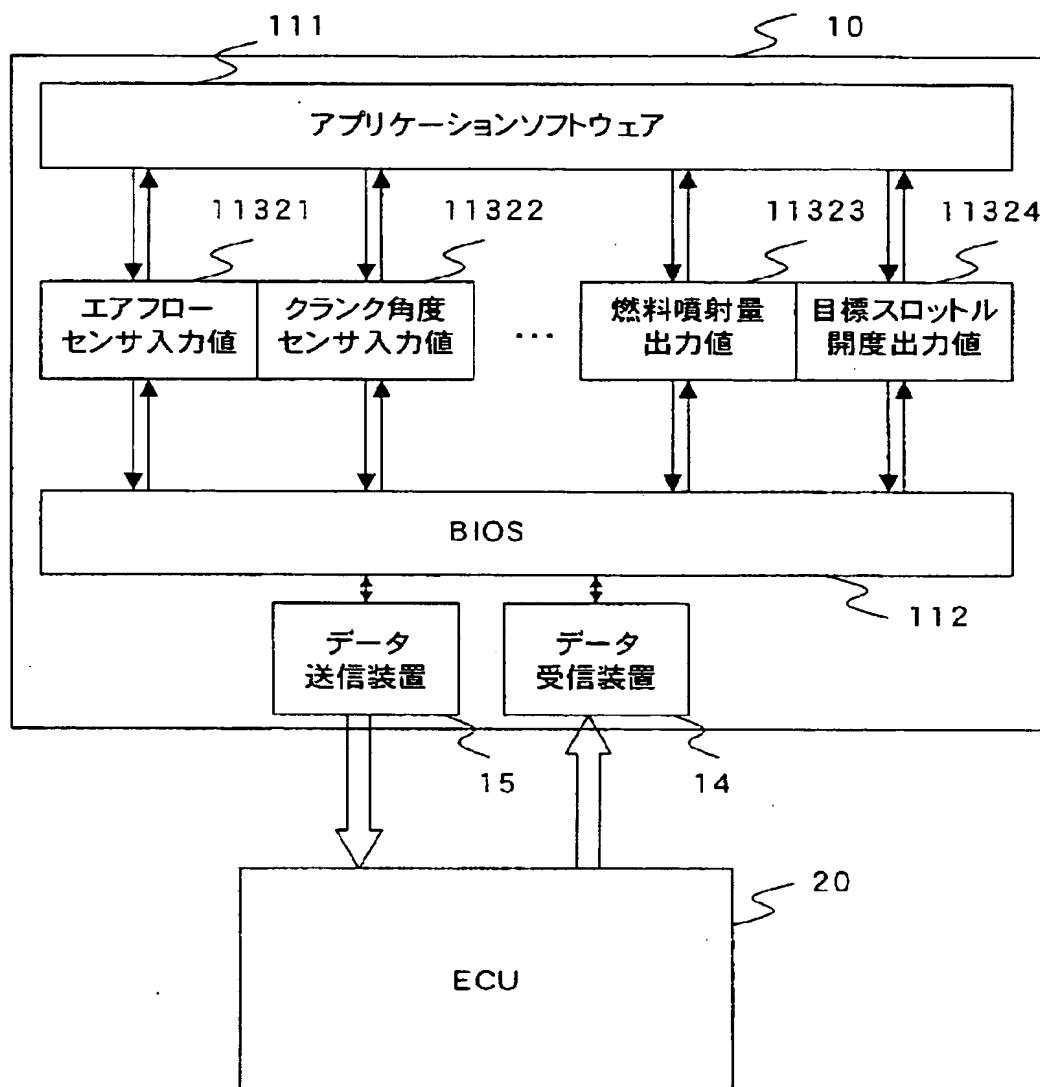
【図 11】

図 11



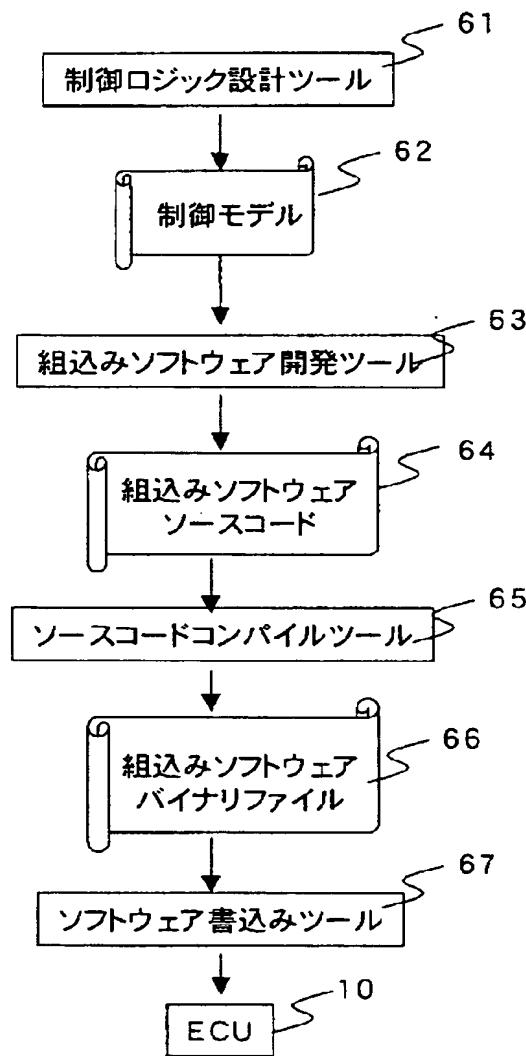
【図12】

図 12



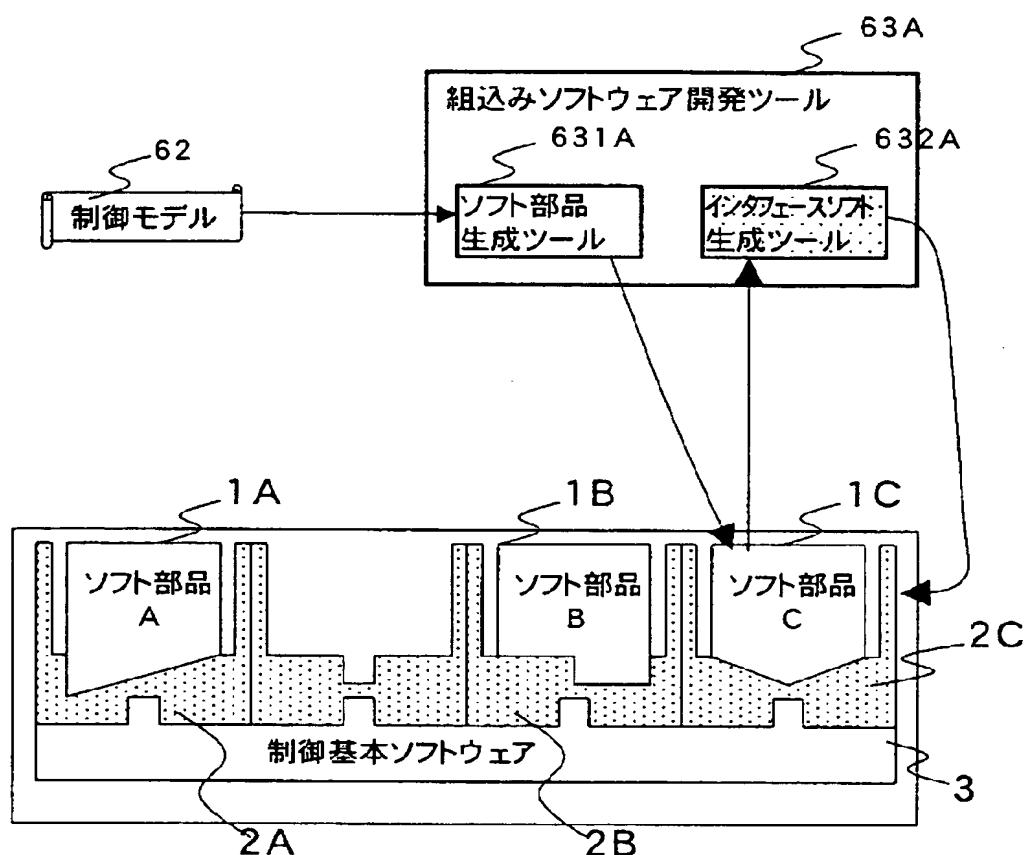
【図13】

図 13



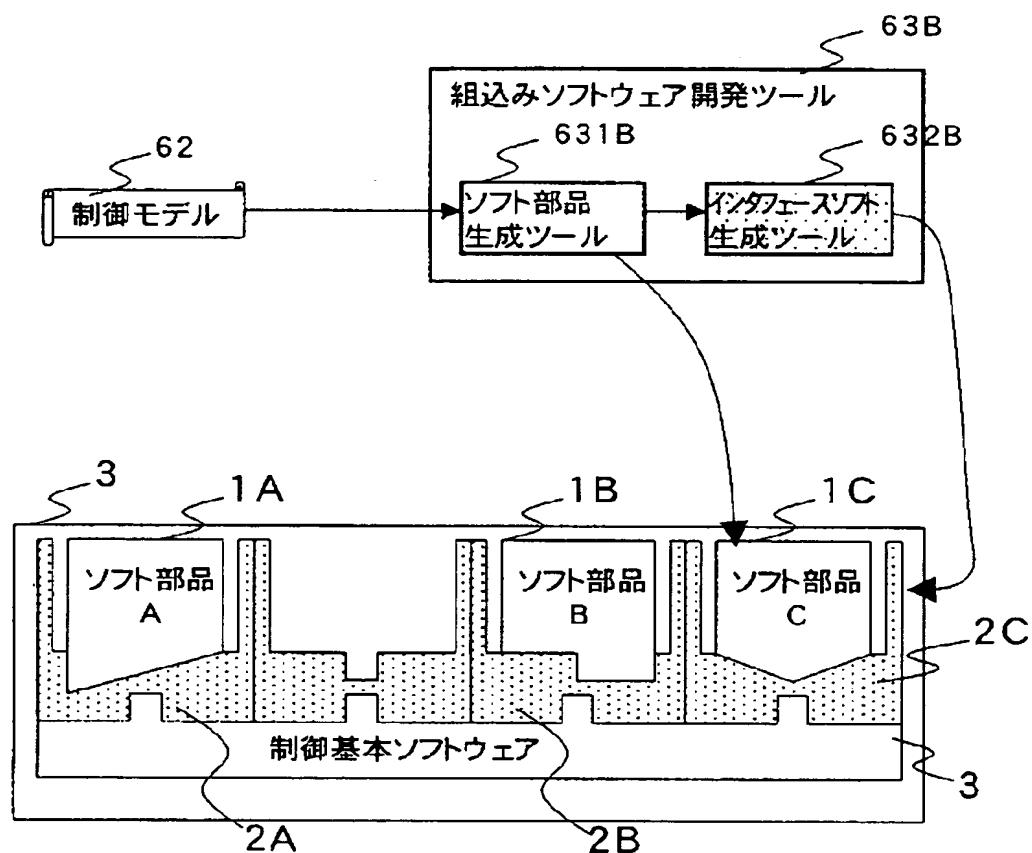
【図14】

図 14



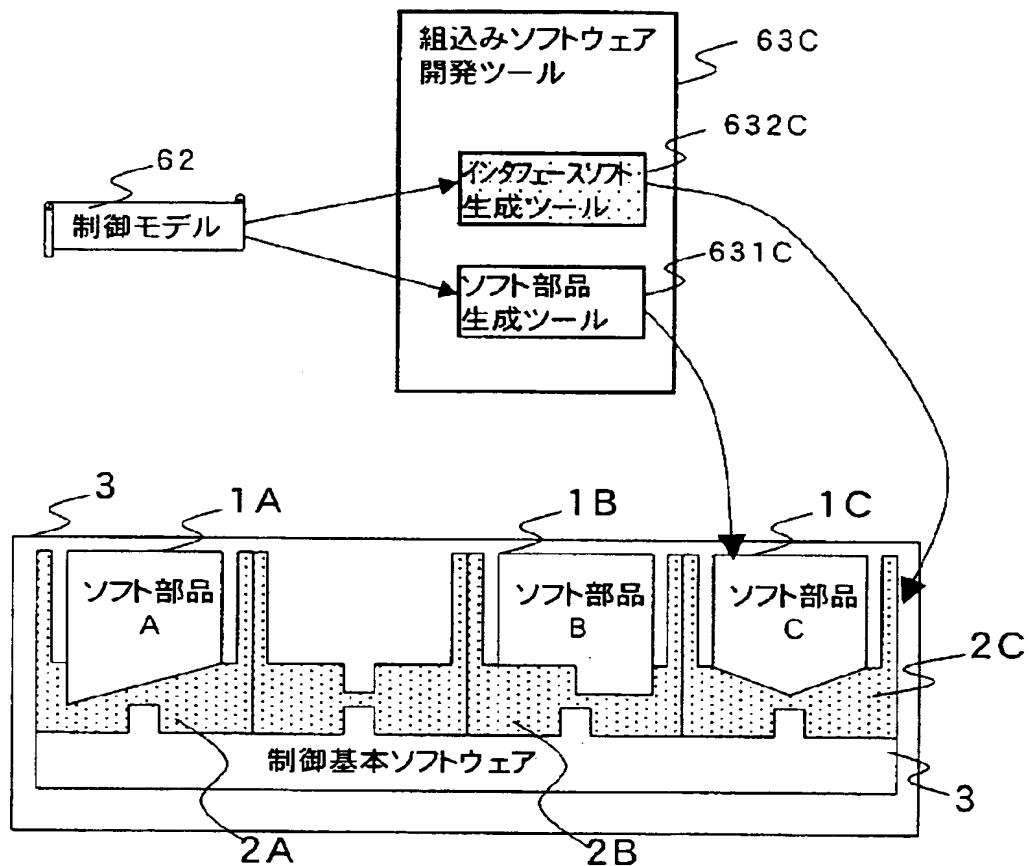
【図 15】

図 15



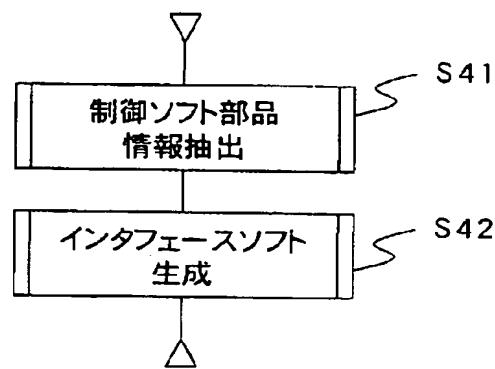
【図16】

図 16



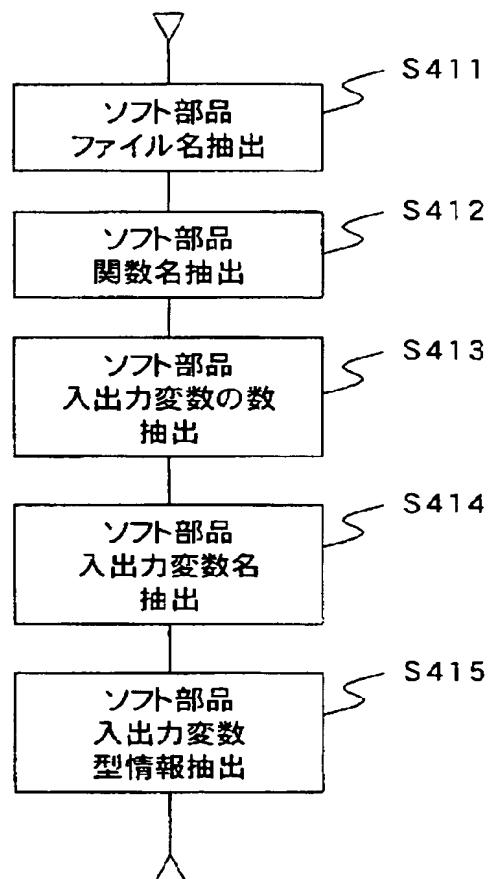
【図17】

図 17



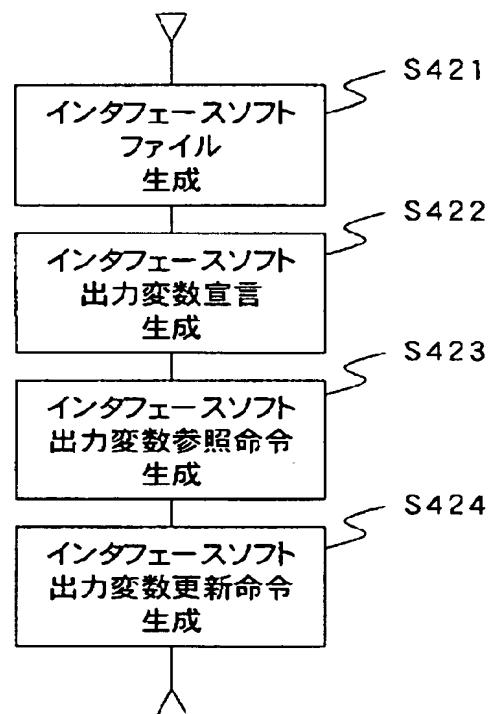
【図18】

図 18



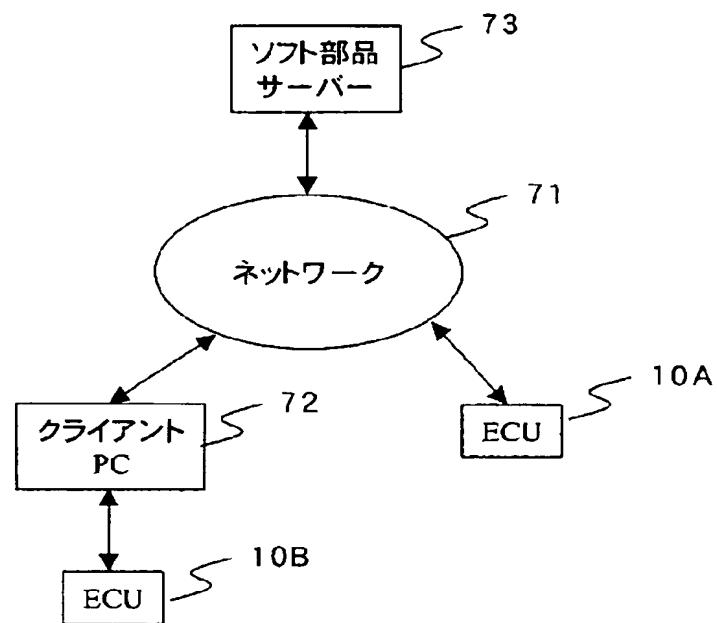
【図19】

図 19



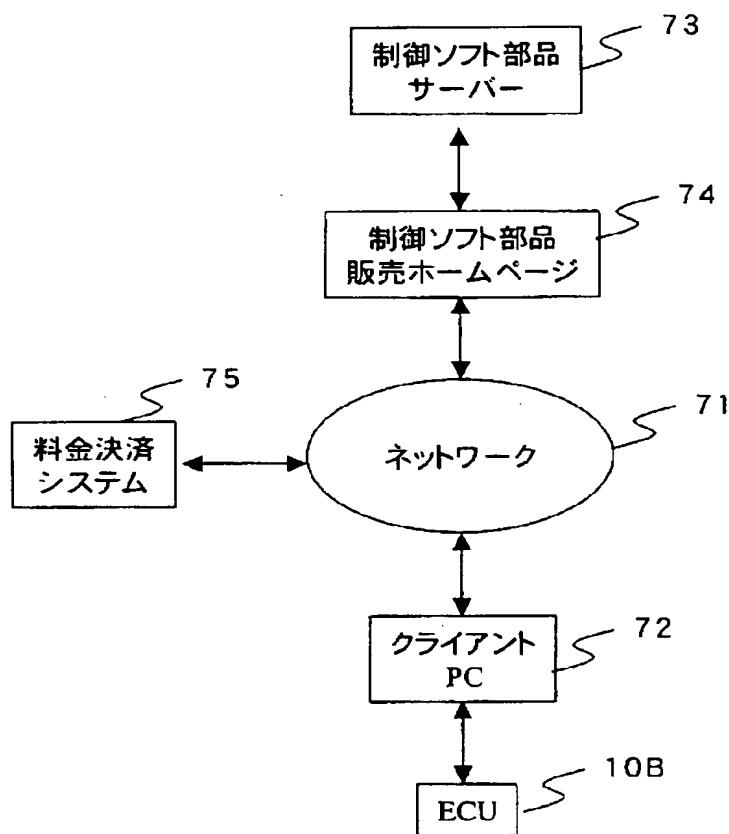
【図20】

図 20



【図21】

図 21



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

複数の制御演算手段と入出力処理手段と制御演算手段間および入出力処理手段などとのデータのやり取りを行うインターフェースソフトを有する組込みコントローラにおいて、制御演算手段の一部が変更された場合でもインターフェースソフトの再利用を可能にすることを目的とする。

【解決手段】

制御基本処理手段から制御演算手段への実行命令や前記制御演算手段間の変数の受け渡しなどを管理するインターフェース手段を制御演算手段ごとに設ける。

【効果】

一部の制御変数の演算ロジックを変更した場合にはインターフェースソフト全体を変更する必要は無く、対応するインターフェースソフトのみの変更で対応することが可能になり、組込みソフトウェアの再利用性が向上するという効果がある。

【選択図】 図 1

## 認定・付加情報

特許出願の番号 特願2002-369167  
受付番号 50201931444  
書類名 特許願  
担当官 第七担当上席 0096  
作成日 平成14年12月24日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】 平成14年12月20日

次頁無

特願2002-369167

出願人履歴情報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所